



われわれの生活を 支える地下タンク

～東京ガス(株)扇島工場訪問記～

1 都市ガスの拠点

JFE(2003年4月1日より、NKK(株)と川崎製鉄(株)が事業別に再編されJFEスチールとなった)と大きく書かれた門を抜けて車で走る約10分、東京ガス(株)扇島工場に到着した。ここ、東京ガス(株)扇島工場は液化天然ガス(Liquefied Natural Gas, 以下、LNG)の貯蔵タンクを有し、首都圏で消費される都市ガスを担う工場のひとつとなっている。LNGは海外から大型タンカーで輸送され、工場敷地から2kmほど沖合にある受入設備で荷揚げされ、そこから配管を通して巨大なLNG地下タンクに貯蔵される。LNGは-162と極低温な液体であり、これを気化したものがわれわれの普段使っている都市ガスである。

2 LNGの安全性・ クリーン性・ 冷たさの実証実験

実際に工場内を見学させていただき前に、LNGPARK(見学者用施設)にてLNGの大きな特徴である安全性、クリーン性、冷たさについての実験を見せていただいた。

安全性については、タンカーから海に液漏れが生じたことを想定した実験と、LNGが気化したガスに引火したことを想定した実験の2種類を見せていただいた。液漏れを想定した実験は、水の入っているビーカーにLNGを注ぎ入れるというもの。また、ガスへの引火を想定した実験では、LNGが入ったガラス容器(容器内上部はLNGが気化したガスが充満している)の口に火花を近づけるという

ものである。

まず前者の実験では、LNGが水と接触すると液体だったLNGが瞬時に気化してしまい、ビーカーの周りが真っ白になった。LNGの沸点は、常圧で-160～-162であるようだ。また、LNGと触れた水は氷となってビーカー内に残った。どちらの反応も危険を感じることなく、安心して見学できた。次に後者の実験。ガラス容器の口の上側1m程度の高さでは着火しないが、火花を容器の口に近づけていくと容器の口近くで火がついた。また、容器内部に充満したガスが燃えることはなかった。さらに、ガラス容器内部で火花をつけるという実験も行われたが、この場合も火がつくことはなかった。これは容器上方では、気化したLNGが拡散し、また容器内部では燃焼に必要な酸素が不足し、どちらも燃焼条件が揃わないために火が付くことはない、ということである。どちらの実験も、初めは不安に感じたが、いざ

実験を見せていただくと、両実験共に危険がないということを十分に理解できた。

クリーン性の実験では、ガスの炎とろうそくの炎にガラス板をかざし、燃焼時にどのような違いがあるかを見せていただいた。ろうそくの場合はガラス板にすぐにすすがつき、真っ黒になってしまったのに対し、ガスの炎はガラス板にすすがつくことはほとんどなく、その違いを一目で見てとることができた。これは、天然ガスが燃焼性に優れているからである。

冷たさの実験は、花びらやボール、金属球をLNGで冷やすとどうなるかというものである。LNGで冷やされると花びらもボールも非常にもろくなり、力を加えると簡単に砕けてしまった。この現象は以前にTVのCMなどで見かけたことはあったが、実際に目で見るとそのインパクトは強烈で、低温脆性をより実感することができた。金属球の実験は、図1のように常温では



図1 実験に参加する取材員

通らなかった穴に、冷却後は収縮した球が通るようになった。普段なかなか感じ取れない、冷却による金属の収縮を目の当たりにすることができ、その冷気を直に感じる事ができた。

これらの実験を見せていただいたことで、LNGの安全性、クリーン性、冷たさという大きな特徴を、言葉で聞くよりもより印象的に、そしてより直感的に感じる事ができた。

3 海上のLNG受入設備『シーバース』

実験に続いては、海上にあるLNG受入れのための設備、『シーバース』を船に乗り間近で見せていただいた。ここには、13万k/級のLNG船やLPG（液化石油ガス、Liquefied Petroleum Gas）船が、1～2船/月の頻度で着積するという事である。実際にシーバースに近づいてみると、図2のように栈橋というよりはまるで島のようであり、その大きさには圧倒されるものがあった。実際に着積するLNG船もこのシーバースに近い大きさということで、その規模の大きさにはただただ驚かされるばかりである。着積した船はシーバースに設置されているLNGやLPGを荷揚げするアンローディングアームを船に接続し、LNGを受け入れるとの事である。扇島工場のシーバースは、周囲を航行する船舶の妨げとならないように、シーバースと陸側の間に配管橋を設けず、配管は地下トンネル内に敷設されている。LNGはこの海底シールドトンネル内の配管を通りタンクまで運ばれる。こうしてみると船とシーバースとの接続から、LNGがタンクに入るまでを一連の流れで行っており、非常に効率的である。

4 やっぱ大きいLNGタンク

われわれは扇島で3基目となる建設中のLNGのタンクに案内された。このタンクは地下に作られている。地下と聞いてなぜそんなに作るのが大変そうなのかなど作るのだらうと思う人もいないかもしれない。これは地上に比べて地下にあったほうが、本質的に安全



図2 海上のシーバース

性が高く、敷地の有効活用、周辺環境との調和などメリットが大きいからである。完全埋設式地下タンクの建設には、一基当たり約4.5年かかるということだった。しかし、寿命は50年以上で頻りに作る物ではない。そんな貴重な物を作っている中に入れるわれわれは幸せである。

タンクの建設手順は、まず地下水の止水と山留め（土が崩れないよう）のための地中壁を設置する。地中壁は、始めに鉄筋籠^{かご}を建て込み、後にコンクリートを打設して完成する。次に円形に組まれた地中壁の内側の土を掘削していく。所定の土をかきあげたら、コンクリート製の床（底板）と側面の壁（側壁）を構築する。続いて屋根を完成させ、コンクリート製のポットができたなら、その内側に保冷材を張っていき、最後に気密維持のための内壁（メンブレンと呼ばれ、厚さ2mmのSUS304）を張っていくのだそうだ。

いよいよ、建設中のLNG地下タンクへと進入する。扇島工場のタンクは完全埋設式を採用しており、直径約70m、深さ約50mもある。このタンクの中にはLNG（液体）が20万k/も入るらしい。物すごい量である。このように巨大なものが地下に埋まってい

るなど地上からは考えられなかった。われわれが見学したときは土木工事が終わり、メンブレンが貼られ、メンブレン溶接部の非破壊検査が行われているところだった。タンクは想像以上に大きく、下を見ると中で作業中の人々がねずみのように小さく見え、足がすくんでしまうほどだった。タンクの中に入る前に鉛筆など下に落としそうなものはなるべく持ち込まないようにとの注意を受けた。なるほど、ここで物を落としたらメンブレンを損傷してしまうだけでなく作業している人々にも危険なのだ。

タンク内はメンブレン（低温に強いステンレス、SUS304）が一面に張り巡らされ銀色に輝いている。働いている人も輝いている。大変綺麗な光景である。また、このメンブレンにはコルゲーションと呼ばれる特殊構造の“ヒダ”が設けられている。LNGは温度、-162と極低温な液体であるため、タンクにLNGを入れると冷却されてメンブレンが収縮する。“ヒダ”のない平らなプレートではこの変形によって、き裂などが生じる可能性がある。そこで、“ヒダ”を作ることでこれが伸縮し、熱荷重やLNGの荷重を吸収してくれるというわけである。なるほど、よく考えられていると思った。



図3 LNGをガス化する気化器

このコルゲーションの形状は施工メーカごとに特徴を有しており、タンクを作る上でのポイントのひとつだそう

だ。私はこの輝くタンクを見て、タンクを作るのに要する物すごい手間を連想した。普段、水が沸騰しているのにガスを止め忘れて、シャワーのお湯を無駄使いしている自分がすまなく思えた。そんな気持ちからか、タンク内を見学している最中、私はとにかく傷がつかないように、物を落とさないよう気をつけた。そのときふと、もしメンブレンに貫通傷ができたならどうするのか聞いてみた。建設時にそのような不具合が発見された場合には、メンブレンを交換したり溶接補修を行い、設備を万全のものとする。万が一、そのような状態になった場合でも、LNGの冷熱で凍結した周辺地盤により地中外周に液やガスが漏れいしていくことはない。タンクは巨大で地下にあり、内部には可燃性ガスが貯蔵されているため、そう簡単に修理できるものではない。だからこそ、建設時には入念な注意を払い、検査も綿密に実施しているとのことだ。タンクの内部を見学して

いるわれわれにとって、この言葉は説得力があった。

視線を転じると、タンクには何やら配管がいくつついている。LNG受入れ用の配管などには必ずサヤ管が設けられ、屋根強度の補強材になっている。受入れ、払出し以外にも、いろんな用途の配管が見受けられた。たとえば、タンク底部の位置に下から上向きに出ているノズルがある。いろいろな産地のLNGを受入れていると、タンク内に密度の違うLNGの層ができてしまう（層状化）。すると、密度差によりLNGの上下層が反転し、同時に急激な混合が起これ、それとともにBOG（LNGへの入熱により発生するガスBoil Off Gas）が急激に発生し、タンク内圧が上昇してしまう。この層状化現象を回避するために、ミキシングする（中をかき混ぜる）必要がある。このノズルによりLNGを下から上へ吹き上げてやることでLNGタンク内を流体の流れでかき回し、層を壊すことができるのである。

このように材料や壁の形状、設置場所、どれをとってもタンクは考えて作られている、シンプルな形をしている

ように見えて実はなかなか優れたものである。今回の見学によって、LNGタンクは地下にあり普段は見えない存在なのだが、私にとっては大きい存在となった。

5 LNGをガスにするには……

大きなタンクに貯蔵されていたLNGは図3のような気化器に送られ、ここで気体に相変化する。東京ガス（株）でLNGをガス化するために用いられている気化器には、主に、熱源に海水を用いるオープンラック式気化器（ORV）が採用されている。ORVは簡単なプロセスでガス化させることができる上に、海水を用いているので、熱源が無量大であり、運転費が非常に安いというメリットがある。気化器に入ったLNGは約600倍の体積になる。気化器はLNGを流量制御しており、需要に即応しえる設備である、とのことだった。

東京ガス（株）扇島工場には4基のORVがある。気化器1基には2ブロックあり、1ブロックにはパネルが8枚ある。そのパネルには1本50mm程度



図4 東京ガス(株)の笠原さん(中央)と取材班(タンクの模型とメンブレンのサンプルの前で)

のチューブ(伝熱管)が90本並んで板状(パネル)になっている。このパネルの内側に下からLNGを導入し、パネルの外側に上から海水を流下させている。ここで、海水からパネル内部のLNGに伝熱し、ガス化され上方に流れ、気化器の上部で集められたガスが集合管から送出される。6mのチューブにおいて、下2m位までは液体だったLNGが、チューブ上部では気体になっているらしい。なお、チューブの下側はLNGの冷熱によりチューブの周りに氷ができていた。パネルは軽量コンクリートの壁に四方を囲まれているが、上部および点検口が開口しており、異常がないかを容易に確認することができるようになっていた。

この気化器の性能としては1時間あたり150トンのLNGを気化させることができるとのことだった。

海水は工場敷地の西端にある護岸の取水口から工場内に導入されている。そして、気化器の手前で海水ポンプにより気化器上部の高さ(地上約7m)までくみ上げられている。ポンプ吐出流量は最大6700トン/時、揚水管10mと大型であった。ポンプの上流

にはスクリーンと呼ばれる海水の塵芥物^{じんがい}をかき上げる装置が設置されている。ORVの熱交換方式としては、海水を上方から流下させているだけなので、熱交換された海水はまた海へ戻される。以前は季節に関係なく一定量の海水を流下させていたが、現在は海水温度が高くなると、省エネ(海水ポンプの運転費)のために冬場よりも海水を少なくしているそうだ。熱源が無量大であり、運転費が非常に安い海水を用いているにもかかわらず、極力省エネを心掛けているのだと実感した。

実際には、これらの作業はコントロールセンターからの遠隔操作で行われている。ガスの需要量に応じて、タンクからのLNGの払出しや気化器の稼働を制御し、24時間体制でガスが安全かつ安定して供給されるように管理されているのである。

LNGの受入れから、タンクでの貯蔵、払出、気化とガスができるまでの一連の工程について見学することができた。そのなかでも、やはりわれわれの目を引いたのはLNG貯蔵タンクの中である。ステンレスの壁にかこまれた銀色に輝く世界は、これまでに見た

ことのない美しい光景だった。このタンクが普段は-162の世界の中で人目に触れることなく、地下でひっそりと存在しながら、われわれの生活を支えていることを、忘れてはいけなと感じた。

今回、扇島工場の案内をしていただいた東京ガス(株)扇島工場施設部の笠原さんから機械系学生に向けてメッセージをいただいた。「食欲に物事に取り組んで欲しいですね。自分で考え、悩み、生み出す癖をつけておくことが技術者としての自分の力になる、と思います。また、「何故?」と思う習慣をつけておくことが非常に大切だと思います。」

最後になりましたが、今回の見学中に細部にわたってご説明いただいた笠原さん、われわれを迎え入れ大変貴重な体験をさせてくださった、タンク建設関係者の皆さん、ありがとうございました。取材班一同、お礼申し上げます。

(文責 メカライフ学生編集委員)

松原悠子, 大崎真由香, 松崎博和,
山宮 孝)